

有機無機ペロブスカイトトランジスタの n 型特性

n -type operation of organic-inorganic perovskite transistors

九大 OPERA¹, JST ERATO², ISIT³, WPI-I2CNER⁴ ○松島敏則^{1,2}, A. S. D. Sandanayaka^{1,2}, C. Qin^{1,2}, 藤原隆³, 安達千波矢^{1,2,4}, OPERA, Kyushu Univ.¹, JST ERATO², ISIT³, WPI-I2CNER⁴,

○T. Matsushima^{1,2}, A. S. D. Sandanayaka^{1,2}, C. Qin^{1,2}, T. Fujihara³, and C. Adachi^{1,2,4}

E-mail: tmatusim@opera.kyushu-u.ac.jp, adachi@cstf.kyushu-u.ac.jp

我々は有機無機ペロブスカイト薄膜をトランジスタの半導体層として用いることに注目している。この利点としては、(1)スピンコート法などの簡単な方法で成膜できること[1]、(2)プラスチック基板に成膜すれば柔軟に曲げることができること[2]、(3)共有結合で連なった無機骨格を介してキャリアが流れるために高速動作が期待されること[3]が挙げられる。(1)や(2)は有機半導体の利点であり、(3)は無機半導体の利点である。つまり、ペロブスカイトを用いれば、無機半導体のような高キャリア移動度で、有機半導体のように低コストでフレキシブルなトランジスタが作製できる可能性がある。最近我々は、層状ペロブスカイト($\text{C}_6\text{H}_5\text{C}_2\text{H}_4\text{NH}_3$)₂SnI₄を半導体層としたトランジスタにおいて作製プロセスおよびトランジスタ構造を最適化したところ、ホール移動度を最大で $26 \text{ cm}^2 \text{ V}^{-1} \text{ s}^{-1}$ まで向上させることに成功した[4]。この値は過去の文献値($2.6 \text{ cm}^2 \text{ V}^{-1} \text{ s}^{-1}$)[5]よりも一桁高い。しかし、このペロブスカイトトランジスタを n 型駆動させることは難しかった。

n 型駆動が困難な原因として電子注入障壁が大きいことが考えられる。光電子収率分光と逆光電子分光により見積もると、Au 電極とペロブスカイトの間の電子注入障壁は 1.11 eV であり、ホール注入障壁(0.82 eV)よりも約 1.4 倍大きかった(Fig. 1a)。Au 電極のかわりに Ag, Al, MgAg などの低仕事関数金属を電極として用いることで電子注入障壁を低減させることを試みたが、 n 型特性は得られなかった。低仕事関数金属をペロブスカイトに接触させると電極が半透明になり多数のピンホールが観測された。低仕事関数金属とペロブスカイトの間で何らかの化学反応が生じていることが推測され、このために n 型特性が観測されなかったと考えた。そこで、化学反応を抑制し、電子をペロブスカイトへ注入するために、電極とペロブスカイトの間に C60 を挿入した。C60 の LUMO を経由して電子が注入されるために(Fig. 1b)、 n 型特性が観測されるようになり(Fig. 1c)、最大で $1.7 \text{ cm}^2 \text{ V}^{-1} \text{ s}^{-1}$ の電子移動度が得られた。ホール移動度より電子移動度が非常に小さかった原因としては、電子トラップが多いことや接触抵抗が大きいことが考えられる。

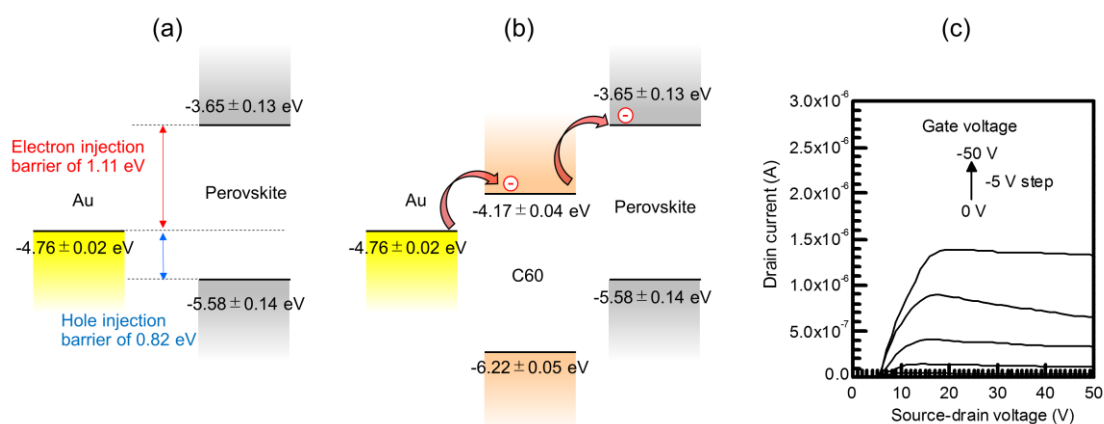


Fig. 1. (a) Au とペロブスカイトの間の電子・ホール注入障壁, (b) C60 を介した Au からペロブスカイトへの電子注入, (c) ペロブスカイトトランジスタの n 型特性.

参考文献 [1] Prog. Inorg. Chem. **48**, 1 (1999). [2] Energy Environ. Sci. **7**, 994 (2014). [3] Science **267**, 1473 (1995). [4] Manuscript under review, [5] Adv. Mater. **14**, 1772 (2002).